

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3940619 A1

⑤1 Int. Cl. 5:
H01 L 41/24
H 01 L 41/09
H 01 G 4/30
H 01 G 1/147

⑳ Aktenzeichen: P 39 40 619.9
㉔ Anmeldetag: 8. 12. 89
㉕ Offenlegungstag: 13. 12. 90

DE 3940619 A1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
09.06.89 US 363770

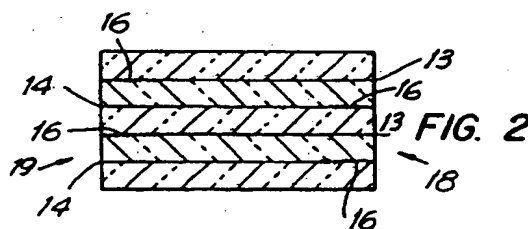
⑦1 Anmelder:
AVX Corp. (n.d.Ges.d. Staates Delaware), New York,
N.Y., US

⑦4 Vertreter:
Bauer, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 5100 Aachen

⑦2 Erfinder:
Galvagni, John, Myrtle Beach, S.C., US

⑤4 Elektrostriktive Stellantriebe

Ein verbessertes Verfahren zur Bildung elektrostriktiver Stellantriebe oder Kondensatoren wird offenbart. Ein Stapel grüner Keramikschichten wird gebildet, wobei eine Oberfläche der Träger Bereiche elektrodenbildenden Materials und andere Bereiche unter Hitze dispergierenden Materials einschließt. Die Elektroden entgegengesetzter Polarität liegen an entgegengesetzten Oberflächen des Stapels frei, und Bereiche dispergierbaren Materials liegen zwischen den freiliegenden Kanten der Elektrodenränder. Ein nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellter Stellantrieb kann ohne die Gefahr eines Kurzschlusses zwischen benachbarten Schichten abgeschlossen werden, und der sich ergebende Stellantrieb wird im wesentlichen frei von dielektrischer Bindung sein, wodurch bei seiner Verwendung als Stellantrieb ein hoher Expansionsgrad erreicht wird. Die Erfindung richtet sich weiterhin auf eine nach dem Verfahren hergestellte Vorform.



DE 3940619 A1

Die Erfindung betrifft das Gebiet keramischer Stellantriebe und Kondensatoren und bezieht sich insbesondere auf einen Keramikkondensator oder -stellantrieb mit verbesserten mechanischen Eigenschaften und bei Verwendung als Stellantrieb mit verbesserten Dehnungseigenschaften und verbessertem Bruchwiderstand nach wiederholten Verwendungszyklen. Noch genauer ist die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zur Herstellung eines Stellantriebs oder Kondensators des beschriebenen Typs gerichtet. Bequemlichkeitshalber wird auf das Verfahren und den Gegenstand der vorliegenden Erfindung als Keramikkondensator oder -antrieb Bezug genommen. Dieser Ausdruck, wie er hier verwendet wird, soll Keramikkondensatoren umfassen.

Stellantriebe, die aus elektrostriktiven Elementen bestehen, sind in der Industrie wohlbekannt und werden u.a. in Druckerköpfen von Impaktdruckern, den kraftzeugenden Elementen von Relais und als Mittel zur Biegung oder Bildung optischer Oberflächen verwendet, um deren Charakteristiken zu ändern. Solche Stellantriebe können die Form von zwei oder mehr Keramikschichten und im allgemeinen einer Vielzahl von solchen Schichten annehmen, wobei zwischen den Schichten Elektrodenbereiche vorgesehen sind. Um die Verbindung der Elektroden der gleichen Polarität ohne einen Kurzschluß zwischen den Elektroden benachbarter Schichten zu erleichtern, ist es (für Kondensatoren oder Stellantriebe) allgemein üblich, einen Stapel grüner Keramikfilme zu bilden, in denen die Elektrodenbereiche entgegengesetzter Polaritäten an unterschiedlichen Oberflächen des Stapels austreten. So können im Falle eines rechteckförmigen Stellantriebs Elektroden einer ersten Polarität an der linken Seite des Stapels freiliegen und dazwischenliegende Elektroden entgegengesetzter Polarität können auf der rechten Seite des Stapels austreten. Um die Bildung elektrischer Verbindungen zwischen Elektroden derselben Polarität zu erhöhen, ist es allgemein üblich, den den Stapel bildenden Film mit Elektrodenmaterial zu beschichten, so daß der Elektrodenbereich sich bis zu einem Rand des Stapels erstreckt, jedoch kurz vor dem entgegengesetzten Rand des Stapels endet. Da der sich ergebende Stapel Elektroden von nur einer Polarität an jeder der betreffenden beiden Seiten freilegt, ist es möglich, einen leitenden Abschluß auf die Gesamtheit der beiden Seiten aufzubringen, wobei der Abschluß den elektrischen Kontakt zu den freiliegenden Elektroden herstellt, jedoch wegen des Vorhandenseins unelektrodierter Keramikbereiche zwischen freiliegenden Elektroden von den Elektroden entgegengesetzter Polarität isoliert ist.

Während die beschriebene Struktur im wesentlichen für alle von der Industrie verwendeten Keramikmehrschichtkondensatoren typisch ist, haben Geräte des beschriebenen Typs insbesondere da Nachteile ein, wo sie als Stellantriebe, d.h. wegen ihrer elektrostriktiven Eigenschaft, verwendet werden, jedoch auch da, wo sie bei konventionellen Kondensatoranwendungen eingesetzt werden. Der Nachteil ergibt sich insbesondere aus der Tatsache, daß der fertiggestellte Stellantrieb eine Keramik-Keramik-Überbrückungsverbindung zwischen benachbarten dielektrischen Schichten in den Bereichen einschließt, wo kein Elektrodenmaterial zwischen den Schichten vorhanden ist.

Es hat sich herausgestellt, daß die Schicht-Schicht-Keramikbindung die Fähigkeit des Keramikgeräts, sich in einer Richtung senkrecht zur Ebene der dielektri-

schen Schichten auszudehnen, drastisch einschränkt oder behindert. Zusätzlich haben in Übereinstimmung mit den beschriebenen konventionellen Verfahren hergestellte Stellantriebe eine große Neigung gezeigt, nach längerer Verwendung zu reißen oder sich zu spalten. Die Spalttendenz liegt auch bei nicht als Stellantrieben eingesetzten Keramikkondensatoren vor; eine Tendenz, von der angenommen wird, daß sie aus der Tatsache resultiert, daß im wesentlichen alle Keramikzusammensetzungen in einem gewissen Maße elektrostriktive Eigenschaften haben und daher Maßänderungen unterworfen sind, wenn Spannungen angelegt werden.

Um die hemmenden Einflüsse der sich von Schicht zu Schicht überbrückenden Keramikbereiche zu verhindern und gleichzeitig Mittel zum Abschließen des Stellantriebs zu schaffen, sind im Stand der Technik Lösungen vorgeschlagen worden, die, obwohl wirksam, in wirtschaftlichem Maßstab schwer zu realisieren sind.

Die US-PS 45 23 121 beschreibt ein elektrostriktives Mehrschichtgerät mit gesteigerten Dehnungseigenschaften, das zum Widerstand gegen wiederholte Impulsgabe fähig ist. Diese Vorveröffentlichung erwähnt den beschränkenden Einfluß von Keramikbrückenbereichen zwischen dielektrischen Schichten und schlägt als Lösung die Bildung eines im wesentlichen konventionellen elektrostriktiven Gerätes vor, das durch Wegschneiden der überbrückenden Keramikbereiche zwischen benachbarten Schichten durch die Verwendung eines Diamantschneiders verändert ist (Spalte 11, Zeilen 3 ff.). Die erwähnte Vorveröffentlichung schlägt auch vor, den Stellantriebsbasisblock so zu bilden, daß sich die Elektroden beider Polaritäten bis zu den äußersten Rändern des Blocks erstrecken, danach Isolierbereiche in Übereinstimmung mit den Randteilen von abwechselnden Schichten auf entgegengesetzten Seiten des Blocks aufzubringen und danach einen Abschluß über den Isolierbereichen zu bilden.

Die US-PS 46 81 667 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines elektrostriktiven Geräts durch die Bildung eines Monolithen aus abwechselnden Keramik- und Elektrodenmaterial zu beschichten, so daß der Elektrodenbereich sich bis zu einem Rand des Stapels erstreckt, jedoch kurz vor dem entgegengesetzten Rand des Stapels endet. Da der sich ergebende Stapel Elektroden von nur einer Polarität an jeder der betreffenden beiden Seiten freilegt, ist es möglich, einen leitenden Abschluß auf die Gesamtheit der beiden Seiten aufzubringen, wobei der Abschluß den elektrischen Kontakt zu den freiliegenden Elektroden herstellt, jedoch wegen des Vorhandenseins unelektrodierter Keramikbereiche zwischen freiliegenden Elektroden von den Elektroden entgegengesetzter Polarität isoliert ist.

Wie bei einer Überprüfung der erwähnten vorbekannten Geräte offensichtlich wird, sind die vorgeschlagenen Lösungen von zweifelhafter wirtschaftlicher Lebensfähigkeit. In Anbetracht der Tatsache, daß die dielektrischen Schichten weniger als 1 mm dick sein können und daß eine große Anzahl von Schichten in einem einzigen Stellantrieb verwendet werden können, stellt die Fähigkeit, Abschnitte mit einer Diamantsäge zu bilden oder Isolierung genau aufzustreichen oder Isoliermaterialien in genauer Übereinstimmung mit Elektroden auf entgegengesetzten Seiten des Monolithen aufzutragen, offensichtlich einen beträchtlichen Arbeitsaufwand dar und resultiert in einem erheblichen Kostenanstieg.

Andere Vorveröffentlichungen, die bei einer Recher-

che nach dem Stand der Technik gefunden und von von begrenzter oder keiner Relevanz sind, schließen die folgenden US-Patente ein:

Nr. 46 67 127, 19.05.1987,
 Nr. 46 54 546, 31.03.1987,
 Nr. 45 27 082, 02.07.1985,
 Nr. 39 67 027, 29.06.1976,
 Nr. 39 43 614, 16.03.1976,
 Nr. 39 40 974, 02.03.1976,
 Nr. 32 76 031, 27.09.1966,
 Nr. 24 78 223, 09.08.1949.

Die vorliegende Erfindung richtet sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Stellantriebs, der keine Verbindung von Dielektrikum zu Dielektrikum zwischen benachbarten Schichten hat. Das erfindungsgemäße Verfahren schafft ein wirtschaftlich und kaufmännisch ausführbares Mittel zur Bildung eines Stellantriebs des beschriebenen Typs, bei dem Elektroden entgegengesetzter Polarität an entgegengesetzten Flächen des Keramikmonolithen freiliegen, wodurch ein Abschluß auf der Gesamtheit dieser Flächen aufgebracht werden kann, ohne daß ein Kurzschluß von Schichten entgegengesetzter Polarität zu befürchten ist. Das erfindungsgemäße Verfahren beschreibt erstmalig ein praktisches Mittel zur Bildung eines keramischen elektrostriktiven Stellantriebs, worin eine große Anzahl von dünnen dielektrischen Schichten vorhanden ist.

Insbesondere betrifft das erfindungsgemäße Verfahren die Schaffung einer Anzahl von Schichten "grünen" Keramikmaterials, die mit einem Muster von Bereichen von elektrodenbildenden Materialien und anderen Bereichen von "Pseudo-Elektroden"-bildendem Material bedruckt werden. Der Ausdruck "Pseudo-Elektrode", wie er hier verwendet wird, soll sich auf ein Material beziehen, das eine Volumenvergrößerung bringt, um einen Teiler zu schaffen, und das im Laufe der Herstellung des Keramikmonolithen einer Verflüchtigung unterworfen ist. Pseudo-Elektroden-Tinten sind an sich z.B. aus der US-PS 36 79 950 bekannt.

In Übereinstimmung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist auf die grünen Keramikträger z.B. durch Seidenrasterdruck o.ä. eine metallisierte Tinte, d.h. eine Platin- oder Palladium-Partikel enthaltende Tinte aufgedruckt. Die metallisierte Tinte erstreckt sich bis zu mindestens einem Rand des Trägers. Der restliche Träger ist mit einer Pseudo-Elektroden bildenden Tinte bedruckt, wobei die Pseudo-Tinte sich bis zu mindestens einem anderen Rand des Trägers erstreckt. Eine Vielzahl der Träger aus grüner bedruckter Keramik wird so gestapelt, daß die Kanten der metallisierten Elektroden-schichten der ungeradzahigen Träger an einer ersten Oberfläche des Stapels und die metallisierten Elektrodenkanten der dazwischenliegenden Schichten an einer zweiten Kantenoberfläche des Stapels freiliegen. Zwischen jedem Paar von freiliegenden Endteilen der metallisierten Elektroden ist ein Teil eines Trägers angeordnet, auf dem Pseudo-Elektroden-Materialien an der Kante freiliegen und sich über eine Strecke nach innen gegen das Innere des Stapels erstrecken.

Nach dem Ausbrennen und Sintern des Stapels wird das Pseudo-Elektroden-Material ausgetrieben mit dem Ergebnis, daß die beiden erwähnten Oberflächen des Stapels aus freiliegenden Elektroden derselben Polarität mit sich dazwischen befindlichen Hohlräumen in dem Bereich, der vorher durch das Pseudo-Elektroden-Material eingenommen wurde, bestehen. Als Ergebnis kann ein leitender Abschluß auf den erwähnten Oberflächen aufgebracht werden, wobei der Abschluß nur mit

Elektroden einer bestimmten Polarität Kontakt herstellt. Da das Abschlußmaterial nicht in den Bereichen der Hohlräume in das Innere des Stapels eindringt, kann das Abschlußmaterial mit Elektroden entgegengesetzter Polarität nicht kurzschließen. Da das Pseudo-Elektroden-Material zusätzlich einen Hohlraum im Bereich zwischen benachbarten dielektrischen Trägern läßt, besteht keine bedeutende Bindung zwischen den Trägern, wodurch die benachbarten dielektrischen Schichten sich ohne Behinderung ausdehnen können.

Der sich ergebende Stellantrieb wird sich mit einem Faktor von 20% oder mehr des Ausdehnungsbetrages ausdehnen, der verfügbar wäre, wenn die benachbarten Schichten in Keramik-Keramik-Verbindung sein würden.

Ein wesentlicher Vorteil eines nach dem erwähnten Verfahren hergestellten Stellantriebs oder Kondensators ist, daß das Gerät an den Spaltlinien zwischen Schichten viel stärker bruchbeständig ist. Das beruht darauf, daß die unverbundenen Schichten frei von der Tendenz sind, sich zu biegen oder zu krümmen, wenn sie angelegten Spannungen ausgesetzt werden, wie es der Fall bei konventionellen Stellantrieben oder Kondensatoren ist, bei denen die Kanteile fest verbunden sind und die mittleren Teile, worin die Elektroden fluchten, expandieren können.

Die Erfindung ist weiterhin auf einen Herstellungsgegenstand aus einem in Übereinstimmung mit dem vorstehend beschriebenen Verfahren gebildeten grünen Keramikstapel gerichtet.

Es ist demnach ein Ziel der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung von Mehrschichtkeramikstellantrieben und -kondensatoren zu schaffen, die im wesentlichen frei von Keramik-Keramik-Verbindungen in benachbarten Schichten sind und die einfach durch konventionelle Abschlußtechniken abgeschlossen werden können. Ein weiteres Ziel der Erfindung ist die Schaffung eines Verfahrens der beschriebenen Art, das einfach in wirtschaftlichem Maßstab realisiert werden kann.

Fig. 1 stellt eine schematische Ansicht im Grundriß eines Paares grüner, erfindungsgemäß mit einer Kombination aus elektrodenbildender Tinte und Pseudo-Elektroden-Tinte beschichteter Keramikträger dar;

Fig. 2 ist ein schematischer Schnitt durch einen Stapel der Träger, wie sie in Fig. 1 dargestellt sind;

Fig. 3 ist ein ähnlicher Schnitt wie Fig. 2 und zeigt den Stapel der Fig. 2 nach dem Ausbrennen und Sintern;

Fig. 4 ist ein ähnlicher Schnitt wie Fig. 2 und 3 nach dem Aufbringen von Abschlüssen.

Unter Bezugnahme auf die Zeichnungen, die schematischer Natur sind, wird in Fig. 1 ein Paar von grünen Keramikträgern 10, 11 gezeigt, die im wesentlichen gleiche Abmessungen haben. Der Fachmann wird erkennen, daß die Träger 10, 11 in der kaufmännischen Praxis aus Segmenten eines größeren Trägers oder Bands aus grüner Keramik bestehen, wobei der Träger oder das Band gleichzeitig mit einer Vielzahl von Druckbereichen bedruckt worden ist, aus denen Träger, wie die Träger 10 und 11, ausgestanzt und nachfolgend gestapelt werden.

In Übereinstimmung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren werden die Träger mit einem Elektrodenmuster bedruckt, wobei der Bereich 12 der Träger mit einer im nachstehenden genauer beschriebenen konventionellen Elektroden-tinte bedruckt ist, die jedoch im Grunde aus einem Lösungsmittel, einem Bindemittel und aus reinem Metall, wie Platin, Gold oder Palladium, besteht, das die hohen Sintertemperaturen aushält.

Es ist augenscheinlich, daß die Träger 10, 11 identisch, jedoch zueinander spiegelbildlich sind. Die elektrodenbildende Tintenkomponente 12 erstreckt sich bis zu einem Kantenrand 13 des Trägers 10 und bis zum entgegengesetzten Kantenrand 14 des Trägers 11. Wie in Fig. 1 dargestellt, ist der restliche, die Elektrodenbereiche 12 umgebende Bereich der Träger 10 und 11 im allgemeinen U-förmig, wie bei 15 gezeigt, wobei die U-förmigen Bereiche 15 mit einer Pseudo-Elektroden bildenden Tintenzusammensetzung 16 beschichtet sind. Geeignete Pseudo-Tinten-Rezepturen sind aus Patentschriften, wie der US-PS 36 79 950, bekannt, die die Bildung eines Kondensators mittels eines Verfahrens behandelt, durch das Hohlräume innerhalb eines Keramikmonolithen unter Verwendung von Pseudotinte gebildet und danach die Hohlräume mit geschmolzenem Blei gefüllt werden, um Elektroden zu definieren. Die Pseudo-Elektroden-Tinte, die im allgemeinen aus organischen Materialien besteht, die in einer erhitzten Umgebung ausbrennen, gewährleistet, daß Hohlräume zwischen den Keramikschichten nach dem Sintern vorhanden sind.

Während die entsprechenden, wie in Fig. 1 offenbarten Beschichtungen gezeigt worden sind, als enthielten sie einen mittleren Bereich 12, der mit elektrodenbildender Tinte beschichtet ist, und einen im allgemeinen U-förmigen Umgebungsbereich 15, der mit Pseudotinte 16 beschichtet ist, sollte eingesehen werden, daß die Geometrie der Beschichtungen geändert werden kann. Insbesondere kann sich der Elektrodentintenbereich 12 über die Gesamtheit des Trägers erstrecken, anstatt durch einen im Grundriß U-förmigen Pseudoelektrodenbereich umgeben zu sein. Alles was für die zufriedenstellende Nutzung des Verfahrens erforderlich ist, ist, daß der Elektrodenbereich 12 sich bis zu einem Rand 13 der Träger und der Pseudoelektrodenbereich sich bis zu einem separaten Rand, d.h. 17, der Träger erstreckt. Alternative geometrische Anordnungen der Elektrodentinte und Pseudoelektrodentinte bieten sich dem Fachmann ohne weiteres an. Beispielsweise und ohne Beschränkung wäre es möglich, einen Stellantrieb in Zylinderform mit einer durchgehenden mittleren Öffnung zu gestalten. In dieser Ausgestaltung können die ungeradzahigen Träger Elektrodentinte aufweisen, die sich von der mittleren Öffnung gegen den Umfang erstrecken, jedoch kurz vor dem Umfang enden, wohingegen die geradzahigen Träger Elektrodenbereiche haben würden, die sich vom Umfang gegen die mittlere Öffnung erstrecken, jedoch kurz davor enden. In allen Fällen sind die nicht durch Elektrodentinte bedeckten Träger mit Pseudoelektrodentinte bedeckt.

Zurückkehrend zur Geometrie des dargestellten Ausführungsbeispiels, wird in Fig. 2 ein Stapel von Trägern 10 und 11 gezeigt, die so angeordnet sind, daß die Ränder 13 abwechselnder Schichten sich bis zu einer Endoberfläche 18 und der Rand 14 des sich zwischen den abwechselnden Trägern befindlichen Trägers sich bis zu einer entgegengesetzten Oberfläche (19) des Stapels erstreckt. Es wird weiterhin bemerkt werden, daß der sich ergebende Stapel Ränder 17 mit freiliegender Pseudo-Tinte einschließt, die zwischen jedem der Ränder 13 oder 14 angeordnet sind, und Elektrodenmaterialien an den jeweiligen Seiten 18 und 19 des Stapels freiliegen.

In Fig. 3 wird die Ausgestaltung eines fertiggestellten, als Ergebnis des Sinterns des grünen Keramikstapels der Fig. 2 gebildeten Stellantriebs offenbart. Wie aus Fig. 3 ersichtlich, liegen Kantenteile 20 der ungeradzahigen Elektroden 21 am Ende 18 des Stellantriebs und

Kantenteile 22 der geradzahigen Elektroden 23 an den Enden 19 des Monolithen frei. Infolge der Verdampfung der Pseudo-Tinten-Komponenten ergeben sich Hohlräume 24 an den Enden des Monolithen zwischen den freiliegenden Enden 20 und 22 der Elektroden.

Wie in Fig. 4 gezeigt, können danach leitende Abschlüsse 25, 26 über den jeweiligen Enden 18, 19 des Monolithen aufgebracht werden, wobei die Abschlüsse mit den Elektroden nur einer einzigen Polarität Kontakt herstellen. Der Abschluß 25 verbindet folglich die ungeradzahigen Elektroden 21, wohingegen der Abschluß 26 mit den geradzahigen Elektroden 23 verbunden ist.

Wahlweise können die jeweiligen Seiten 18 und 19 des Monolithen bearbeitet werden, um vor Aufbringung des Abschlusses Isoliermaterialien 27 in die Hohlräume 24 zu injizieren. Normalerweise ist jedoch die Verwendung von Isoliermaterial, wie z.B. Elastomere oder Epoxide, wegen der Tiefe der Hohlräume 24 nicht erforderlich.

Ein wesentliches Merkmal der Erfindung liegt in der Tatsache, daß infolge der Verdampfung der Pseudo-Elektroden bildenden Tinte sich kein erwähnenswerter Keramik-Keramik-Kontakt zwischen benachbarten dielektrischen Schichten ergibt. Das Fehlen eines solchen überbrückenden Keramikkontaktes zwischen Schichten erlaubt es dem fertiggestellten Stellantrieb, ohne Behinderung in einer Richtung senkrecht zur Ebene des Dielektrikums und der Elektroden zu expandieren. Im Versuch hat sich herausgestellt, daß das Fehlen von überbrückenden Keramikbereichen zwischen benachbarten dielektrischen Oberflächen eine Expansion des Stellantriebs mit einem Faktor von 20% oder noch größer mit der gleichen Eingangsspannung erlaubt, als es der Fall bei konventionellen Stellantrieben ist. Ein weiterer Vorteil der in Übereinstimmung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Stellantriebe liegt in der größeren Bruchfestigkeit nach wiederholter Impulsgebung. Es wird angenommen, daß die erhöhte Lebensdauer der in Übereinstimmung mit der Erfindung gefertigten Stellantriebe aus der Tatsache herleitbar ist, daß die dielektrischen Schichten im Gegensatz zu konventionellen Stellantrieben, bei denen die Kantenteile durch einen Keramik-Keramik-Kontakt behindert werden und die mittleren Teile nach der Anlegung von Spannungen expandieren, einer minimalen Biegung oder Krümmung unterworfen sind. Es sollte angemerkt werden, daß es beim Sintervorgang der inneren Natur entspricht, daß ein gelegentlicher Stiel oder ein Korn sogar in den Bereichen, die vorher von der Pseudo-Elektroden-Tinte eingenommen wurde, von einer Schicht zur nächsten durchwächst. Das Vorhandensein solcher gelegentlicher Stiele beeinträchtigt jedoch nicht wesentlich die Fähigkeit der dielektrischen Schichten, sich relativ zueinander in einer Richtung senkrecht zur Ebene solcher Schichten zu verschieben, und die durch solche gelegentlichen Stiele verursachte Behinderung einer solchen Expansion ist minimal.

Nachfolgend werden Einzelheiten der bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Stellantriebe verwendeten Rezepturen und Behandlungsschritte beschrieben. Es sollte jedoch angemerkt werden, daß das Verfahren unter Verwendung von Materialien durchgeführt wird, die alle im Stand der Technik bekannt sind, einschließlich insbesondere die dielektrischen Rezepturen und Verfahren zu ihrer Herstellung, die Pseudo-Tinten-Rezepturen, die Elektroden-Tinten-Rezepturen und die Abschlußrezepturen und Aufbringungsweise. Als Beispiel und ohne Einschränkung wird eine bevorzugte

Verfahrensweise wie folgt durchgeführt:

A. DIELEKTRISCHES MATERIAL

Eine Dielektrikummaterialmasse wurde wie folgt zusammengesetzt (alle angegebenen Werte als Gewichtsprozent):

- 68,2% Bleioxid (PbO),
- 27,4% Kolumbit (MgNb₂O₆),
- 1,2% Bariumkarbonat (BaCO₃) (Bindemittel),
- 3,4% Titan (TiO₂) (Bindemittel).

Die Ingredienzien werden gemischt und auf eine Durchschnittspartikelgröße von 1 µ gemahlen und mit einer Lösungsmittel- und einer Bindemittelrezeptur der folgenden Zusammensetzung gemischt:

- 1,75% Fischöl,
- 12,93% Xylol,
- 8,24% Äthanol,
- 2,44% Polyvinylbutyrol,
- 2,71% UCON-2000 (Union Carbide),
- 2,25% PX-316 (Aristec).

Das vorbeschriebene organische Trägersystem ist nur repräsentativ und kann, wie im Stand der Technik bekannt, variiert werden. Die Partikelmaterialien und das Bindemittel werden gemischt, um eine viskose Flüssigkeitszusammensetzung zu bilden, deren Viskosität in Übereinstimmung mit der Dicke des zu gießenden Bandes variiert werden kann. Auf einen Riemen, der unter einer Rakel oder Rakeln durchläuft, wird ein Band mit/ bis zu einer Dicke von im wesentlichen 203 µ gegossen. Nachdem überschüssige Lösungsmittel verdampft sind, wird das Band unter Verwendung von Elektrodotinten und Pseudotinten mit den beschriebenen Mustern bedruckt. Die Zusammensetzung der jeweiligen Tinten ist nicht kritisch; eine geeignete Elektrodotintinte ist Nr. RW301 der Johnson-Matthey Corporation.

Eine geeignete Pseudotinte oder unbeständige Tinte wird in der vorerwähnten US-PS 36 79 950 angegeben. Eine geeignete Pseudotinte kann aus einem Medium durch Mischung von 80 ml Pinienöl, 14 g Acrylharz und 1,5 g Lecithin hergestellt werden. 16 g dieser Mischung werden mit 12 g der vorstehend angegebenen kalzinieren Keramikrezeptur (Durchschnittspartikelgröße ca. 4 µ), 4 g Druckerschwärze und 1,5 g Äthylzellulose vermengt.

Cap-Stoddard-Lösungsmittel oder ein vergleichbares Lösungsmittel wird zugefügt, bis eine zum Drucken geeignete Viskosität erreicht ist.

Die Herstellungsverfahren sind konventionell und schließen die Auftragung von Elektrodotintinte durch ein Maschenraster ein, das in Übereinstimmung mit der Größe und Positionierung der mehrfachen Elektrodenbereiche gemustert ist. Die Elektrodotintinte kann dann trocknen, und der Träger wird unter Verwendung einer Maske überdruckt, die ein Negativ der Maske ist, die verwendet wurde, um die Elektrodotintinte aufzubringen.

Eine Anzahl Träger, jeder mit einer Vielzahl von bedruckten Bereichen, wird fluchtend gestapelt, und der Stapel wird bei ca. 65°C und ca. 1500 pounds per square inch (10.547 × 10⁻² kp/cm²) laminiert. Der Stapel wird aus der Presse genommen, und er kann abkühlen. Danach wird der Stapel in Würfel geschnitten, um aus den gestapelten Reihen großer Träger eine Vielzahl von einzelnen grünen Stellantrieben, wie in Fig. 2 dargestellt,

zu bilden. Die einzelnen Einheiten werden getrennt und einem Ausbrennvorgang unterworfen, bei dem sie 24 Stunden lang einer sich zunehmend erhöhenden Temperatur ausgesetzt werden, wobei die Höchsttemperatur 500°C ist. Die Teile werden bei einer Höchsttemperatur von 1150°C 3 Stunden lang in einem Sinterofen gebrannt.

Die Endoberflächen der Teile werden nach dem Abkühlen mit irgendeiner aus einer Reihe konventioneller Silber-Glasfritte-Zusammensetzungen bekannter Zusammensetzung abgeschlossen. Eine repräsentative geeignete Zusammensetzung ist Dupont 6134. Danach wird die Fritte in einem Ofen während eines ca. halbstündigen Arbeitsgangs, wovon drei Minuten bei der Höchsttemperatur von 750°C, gebrannt. Auf die fertiggestellten Stellantriebe wird danach Blei aufgelötet oder eine Lötbeschichtung aufgetragen in Abhängigkeit von dem beabsichtigten Endverwendungszweck und der Ausgestaltung. Die Stellantriebe können, wieder in Abhängigkeit davon, ob das Endprodukt als Kondensator oder Stellantrieb verwendet werden soll, z.B. durch Einkapseln in eine Epoxy- oder Elastomer-Matrix weiterbehandelt werden.

Alternative Abschlüsse, wie z.B. leitende Polymere oder Elastomere, können dort verwendet werden, wo eine extreme Expansion oder häufiges Schwingen zu erwarten ist.

Wie aus der vorhergehenden detaillierten Beschreibung eines besonderen Ausführungsbeispiels ersichtlich, sind die Auswahl der Rezepturen für das Dielektrikum, die Elektrodotintinte oder -paste, die unbeständige "Pseudo-Elektroden"-Tinte und die Abschlußmaterialien sowie die Art und Weise ihrer Herstellung im Stand der Technik wohlbekannt. Die vorliegende Erfindung liegt in der Idee der Verwendung der Kombination einer Elektrodotintinte und einer Pseudo-Elektrodotintinte in der Art und Weise, ein monolithisches Gerät zu schaffen, bei dem Elektroden entgegengesetzter Polarität von unterschiedlichen Oberflächen des Monolithen ausgehen, bei dem Hohlräume zwischen Elektroden gleicher Polarität vorhanden sind und bei dem die dielektrischen Schichten im wesentlichen nicht miteinander verbunden sind, wobei die einzige bedeutsame Verbindung zwischen solchen Schichten ist, die durch die Elektroden verbundene Bereiche darstellen.

Wie aus der vorhergehenden Beschreibung ersichtlich, werden dem mit der vorliegenden Offenbarung vertraut gemachten Fachmann zahlreiche Variationen in Geometrie-, Rezeptur- und Aufbaueinheiten einfallen. Daher ist die Erfindung innerhalb des Umfangs der beigefügten Ansprüche weit auszulegen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Mehrschichtkeramikstellantriebs oder -kondensators, umfassend die Schritte

- eine Vielzahl von grünen Keramikträgern gleicher Größe zu schaffen,
- eine Oberfläche der Träger mit einer Beschichtung zu versehen, die diskrete Bereiche elektrodenbildender und Pseudo-Elektroden-Tinte enthält, wobei die Elektrodotintenbereiche sich bis zumindest einem ersten Rand der Träger und die Pseudoelektrodotintenbereiche sich bis zumindest einem zweiten Rand der Träger erstrecken,
- einen Stapel aus einer Vielzahl der Träger

zu bilden, so daß die ersten Ränder abwechselnder Schichten an einer ersten Oberfläche des Stapels und die ersten Ränder der sich zwischen den abwechselnden Schichten befindlichen Schichten an einer zweiten Oberfläche des Stapels freiliegen, wobei die zweiten Ränder sich an den Oberflächen zwischen den ersten Rändern befinden,

— danach den Stapel zu erwärmen und zu sintern

— und danach leitende Abschlüsse jeweils auf den ersten und zweiten Oberflächen anzubringen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Verwendung von Pseudotinte aus Materialien, die in Reaktion auf den Erwärmungsschritt verdampfen, um dadurch im wesentlichen leere Räume zwischen den Schichten in den früher durch die Pseudotintenbereiche eingenommenen Bereichen zu schaffen.

3. Verfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch den Schritt, Isoliermaterial in die den ersten und zweiten Oberflächen benachbarten Hohlräume einzuführen, bevor die leitenden Abschlüsse auf die Oberflächen aufgebracht werden.

4. Verfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch die Verwendung von Trägern, die im allgemeinen rechteckig im Grundriß sind, wobei die Bereiche der Pseudo-Elektroden-Tinte sich bis zu drei Rändern der Träger erstrecken.

5. Stellantrieb oder Kondensator, hergestellt aus einer Vorform nach einem Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch einen Stapel aus einer Vielzahl von gleichgroßen grünen Keramikträgern, wobei ein erster Oberflächenbereich der Träger mit elektrodensbildendem Material beschichtet wird, das sich bis zu einem ersten Rand der Träger erstreckt, und restliche Bereiche der Oberfläche mit Pseudoelektrodentinte beschichtet werden, wobei die Pseudotintenbereiche sich bis zumindest einem zweiten Rand der Träger erstrecken und wobei die Träger im Stapel so angeordnet sind, daß die ersten Ränder abwechselnder Träger an einer ersten Oberfläche des Stapels freiliegen und die ersten Ränder der sich zwischen den abwechselnden Schichten befindlichen Schichten an einer zweiten Oberfläche des Stapels freiliegen, wobei die zweiten Ränder sich zwischen den ersten Rändern der Oberflächen befinden.

6. Artikel nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Pseudo-Tinten-Bereiche bis zu allen Rändern der Träger, ausgenommen die ersten Ränder, erstrecken.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

